

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-53056

(P2001-53056A)

(43)公開日 平成13年2月23日(2001.2.23)

| (51)Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テーマコード*(参考) |
|--------------------------|------|----------------|-------------|
| H 0 1 L 21/306 | | H 0 1 L 21/306 | B |
| H 0 1 S 5/183 | | H 0 1 S 5/183 | |
| | | H 0 1 L 21/306 | D |

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2000-168653(P2000-168653)

(22)出願日 平成12年6月6日(2000.6.6)

(31)優先権主張番号 09/326337

(32)優先日 平成11年6月7日(1999.6.7)

(33)優先権主張国 米国 (US)

(71)出願人 399117121

アジレント・テクノロジーズ・インク

AGILENT TECHNOLOGIE
S, INC.

アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル
ト ページ・ミル・ロード 395

(72)発明者 ヨング・チェン

アメリカ合衆国カリフォルニア州94306,
パロ・アルト

(74)代理人 100099623

弁理士 奥山 尚一 (外2名)

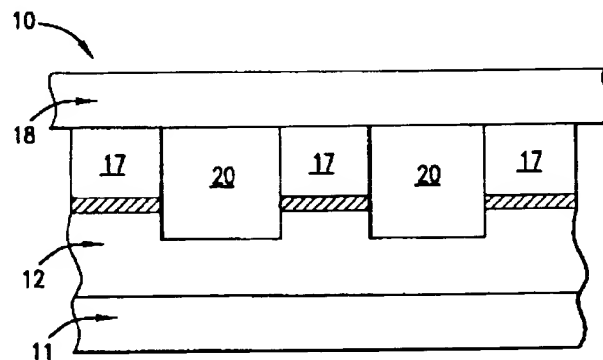
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 エピタキシャル層を1つの基板から分離して他の基板に移し替えるための方法

(57)【要約】

【課題】 高品質光学素子の製造に好適な安定した均一なエピタキシャル層を得ることができるような方法を提供すること。

【解決手段】 第1のエピタキシャル層12を第1の基板11上に成長させるステップと、第1のエピタキシャル層12の表面上の一部にマスク14を設けるステップと、第2のエピタキシャル層17、37を第1のエピタキシャル層12の上に形成するステップと、第2のエピタキシャル層17、37にトレンチ20を形成してマスク14を露出させるステップと、第2の基板18を第2のエピタキシャル層17、37にボンディングするステップと、トレンチ20にエッチング剤を注入し、マスク14をエッチングして第2のエピタキシャル層17、37を第1のエピタキシャル層12から分離するステップとをそれぞれ有する。



【請求項10】 請求項4に記載の方法により作成された高品質の窒化ガリウム（GaN）エピタキシャル材

【0005】垂直空洞面放出レーザー（VCSEL）は、通常、非常に薄いGa_{0.5}Al_{0.5}N及びAl_{0.5}Ga_{0.5}Nの交互の層から成る複数の量子井戸層の領域を含み、その回りには分布型ブラッグリフレクタ（DBR）が形成されている。

3

【0006】従来型のVCSELにおいては、少なくとも基板と量子井戸層の間にあるDBRは、交互に配置されたGa_{0.5}N層及びAlGa_{0.5}N層から形成されており、これにより量子井戸層をほぼ正確な格子パラメータを持つ結晶性材料上に成長させることができるようになっている。しかしながら、結晶性Ga_{0.5}N/AlGa_{0.5}NのDBRは、十分な反射率を持つものを作ることが困難である。三酸化珪素(SiO₂)及び酸化インジウム(HfO₂)のようなどつの誘電体材料の交互の層から構成される誘電体DBRは、必要とされる反射率を持たせるように作成することがより容易ではあるものの、これらの誘電層上に量子井戸層を成長させることはできない。

【0007】第1の量子井戸層、一組の量子井戸層、並列の量子井戸層及び誘電体から成る第1のDBRが受光素子の部分のうちの1つとして1つの基板上に成長させられておられ、この部分のうちの1つとして、量子井戸層及び第1のDBRが新しい基板と接触し、第1の量子井戸層が露出することになり、この上に誘電体から成る第2のDBRを成長させることができる。

【0008】従来においては、サファイア基板の上に成長(形成)されたエピタキシャル層をその基板と開け界面においてエピタキシャル層をレーザーを使って溶かすことになり、そのエピタキシャル層をサファイア基板から分離することになっていた。サファイア基板上に成長させたGa_{0.5}Nエピタキシャル層の場合は、レーザービームの出力ビームをサファイア基板を通して照射し、Ga_{0.5}Nとサファイア基板との界面付近のGa_{0.5}Nの薄い層を溶かすことにより、Ga_{0.5}Nエピタキシャル層をサファイア基板から分離するようにしていた。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】エピタキシャル層を基板から分離するためのレーザーを用いる方法の欠点は、レーザービームの光の後に閉界があるために、一度の照射ではエピタキシャル層の小さな部分しか分離することができないということにある。

【0010】エピタキシャル層を基板から分離するためにレーザーを用いる方法の他の欠点は、レーザー光の透過深度を制御することが困難なことにある。一つことは、Ga_{0.5}Nエピタキシャル層の一部がその表面の粗さや材料中の熱衝撃が原因で使用できなくなる可能性をもたらす結果となる。なお、透過深度を制御することが難しいのは、Ga_{0.5}Nエピタキシャル層とサファイア基板との間の界面で放散する熱を正確に制御することができないからである。

【0011】従って産業界においては、エピタキシャル層を1つの基板から分離してそのエピタキシャル層を他の基板に移し替えるための、より良く制御が可能でかつ実用的な方法に対するニーズが、解消されないまま残っているのである。

4

【0012】本発明は、エピタキシャル層を1つの基板から分離し、それを他の基板に移し替えるための方法を提供するものである。エピタキシャル層を1つの基板から分離し、それを他の基板に移し替えるための本発明の方法は、特定の適用要件に限定されるものではないが、Ga_{0.5}N材料から成るエピタキシャル層をサファイア基板から分離し、それを珪素(Si)等の他の材料から成る基板に移し替える場合には特に好適な方法である。Ga_{0.5}N材料としては、窒化ガリウム(GaN)、窒化インジウムインジウム(InGa_{0.5}N)、窒化インジウム(In_{0.5}N)、窒化アルミニウムインジウム(AlGa_{0.5}N)、窒化ガリウムインジウム(Ga_{0.5}InGa_{0.5}N)、窒化ガリウム砒素(Ga_{0.5}As_{0.5}N)、窒化インジウム砒素(InGa_{0.5}As_{0.5}N)、窒化アルミニウム砒素(AlGa_{0.5}As_{0.5}N)等が挙げられる。また、エピタキシャル層は、窒化インジウム(InGa_{0.5}P_{0.5}N)、窒化アルミニウムインジウム(AlGa_{0.5}P_{0.5}N)等のIII-V族の元素が含まれるが、これらに限定されるものではない。

20 【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、エピタキシャル層を1つの基板から分離し、その分離したエピタキシャル層を他の基板に移し替えるための方法として概念化することができる。本方法は、第1のエピタキシャル層を第1の基板上に成長させるステップと、前記第1のエピタキシャル層の表面の一部にマスクを設けるステップと、前記第1のエピタキシャル層上に第2のエピタキシャル層を成長させるステップと、前記第2のエピタキシャル層中にトレッチ(溝又は凹部)を形成してマスクを露出させるステップと、第2の基板を前記第2のエピタキシャル層にボンド結合(結合)するステップと、前記マスクをより薄くして前記第2のエピタキシャル層を前記第1のエピタキシャル層から分離するためにエッチング剤を前記トレッチを通して注入するステップと、を含められている。

30 【0014】上述したエピタキシャル層を1つの基板から分離して他の基板に移し替えるための方法を、サファイア基板上にエピタキシャル層を作成する際に利用した場合には、高品質光学素子の製造に好適な安定した均一なエピタキシャル層を得ることができる。

【0015】本発明には多くの利点があるが、以下にそのうちの幾つかを単なる事例として挙げることにする。

【0016】本発明の利点は、高品質光学素子の製造に好適な高品質の切子面(結晶体の平面)を形成することができることにある。

【0017】本発明の他の利点は、分離され、露出されたエピタキシャル層の表面上に成長させた高い反射率の誘電体DBRを組み込んだ垂直空洞面放出レーザー(VCSEL)を製造することが可能となることにある。

50 【0018】本発明の他の利点は、光学素子中の電流分

布が改善されることにある。

【0019】本発明の他の利点は、単純であり、商業用の大量生産を容易に実現することができることにある。

【0020】本発明の他の特徴及び利点は、以下の詳細な説明及び添付図面を参照することにより、当業者には明らかとなるであろう。以下より更なる特徴及び利点は、本発明の範囲に含まれるものである。

【0021】本発明は、様々な基板及びエピタキシャル成長材料を利用して実現することができる。本発明は、様々な材料に適用可能であるが、エピタキシャル層を1つの基板から分離してそれを他の基板に移し替えるための方法についての推奨される実施形態は、窒化ガリウム、特にその表面に形成されたエピタキシャル層をシリコン基板から分離して他の基板（例えば、シリコン）上に形成する。この場合、 GaN 材料としては、窒化ガリウム (GaIn)、窒化インジウムガリウム (InGaIn)、窒化インジウム (InN)、窒化アルミニウムガリウム (AlGaIn)、窒化アルミニウム (AlN)、窒化アルミニウムインジウムガリウム (AlInGaIn)、窒化ガリウム砒素 (GaAsN)、窒化インジウムガリウム砒素 (InGaAsN)、窒化アルミニウムガリウム砒素 (AlGaAsN)、窒化ガリウム燐 (GaPn)、窒化インジウムガリウム燐 (InGaPn)、窒化アルミニウムガリウム燐 (AlGaPn) 等のIII-V族の元素を含むが、これらに限定されない。本発明の概念及び特徴は、他の材料のエピタキシャル層及び他の基板材料にも適用可能である。更に、同一材料から成るエピタキシャル層上でのエピタキシャル層の成長は、異なる材料から成るエピタキシャル層上でのエピタキシャル層の成長と同様、本発明に含まれるものである。

【0022】

【発明の実施形態】 ここで、図面を参照して本発明の発明形態を説明する。諸図面は、図面を参照することにより、深い理解が図1図面を参照することにより得られるであろう。なお、図中における構成要素は必ずしも相対的な大きさを表わすものではなく、本発明の原理を明確に説明することに重点をおいて描かれたものである。

【0023】図1～図5は、本発明の方法に係る第1の実施形態を示すものであって、エピタキシャル層を1つの基板から分離してそれを他の基板に移し替えるための方法を示している。図1は、エピタキシャル集合体10を示している。エピタキシャル集合体10はサブファイア基板（第1の基板）11と、その上に成長させた第1のエピタキシャル GaN 層12とを含んでいる。サブファイアは、理想に近い絶縁材料であり、高品質の GaN 層を成長させることができる格子パラメータを持っている Al_2O_3 の一形態である。第1のエピタキシャル GaN 層12の上面には、マスク14が形成されている。マス

ク14は、エピタキシャル成長を生じないような材料でなければならない。また、第1のエピタキシャル GaN 層12、その上に成長させられる第2のエピタキシャル層、及びこの第2のエピタキシャル層に取付けられる第2の基板から成る使用される両方の材料よりも先に選択的にエッチングされる材料のものでなければならない。なお、第2の基板及び第2のエピタキシャル層については後に説明する。マスク14の材料は、二酸化シリコン (SiO_2) による誘電材料であっても、ウインドウのような導電性材料であっても良い。マスク14は、第1のエピタキシャル GaN 層12の表面の一部を覆うように設けられる。

【0024】第1のエピタキシャル GaN 層12の表面のうちマスク14で覆われた表面部分は、第1のエピタキシャル GaN 層12に成長させる第2のエピタキシャル GaN 層17の材料に無駄を可能な限り減らす。抑えるという観点から、理想的にはマスク14中のウインドウはできるだけ狭く作ることが望ましい。しかしながら、実際上では、ウインドウの最低幅はどの要因により制約される。第1には、第2のエピタキシャル GaN 層17用の種膜として作用することできるように第1のエピタキシャル GaN 層12が適度な位置に露出していなければならないという点である。第2には、マスク14を除去するエッチング系のために前縁が設けられていなければならないという点である。マスク14中の細長いウインドウは現在推奨される実施形態を表わしている。その代わりに、円形又は多角形のウインドウを用いても良い。

【0025】次に、図2に示すように、第2のエピタキシャル GaN 層17が第1のエピタキシャル GaN 層12上に成長せしめられる。この第2のエピタキシャル GaN 層17の成長は、最初の段階においては、第1のエピタキシャル GaN 層12の露出面上から始まる。そして、第2のエピタキシャル GaN 層17がマスク14中のウインドウを満たした後に、第1のエピタキシャル GaN 層12及びマスク14上に連続的なエピタキシャル層が形成される。

【0026】ここでは、 GaN 材料の単一層として図示したが、第2のエピタキシャル GaN 層17は、不純物をドーピングした半導体層、クラッド層及び活動層 (active layer) 等のような追加のエピタキシャル層を含んでも全くかまわない。これらの追加のエピタキシャル層は、通常、半導体レーザ等の半導体発光素子を作成する場合に形成される。第2のエピタキシャル GaN 層17が、製造しようとするデバイスに必要とされるだけの追加層を含んでいても良いことは言う迄もない。しかしながら、本発明の概念は第2のエピタキシャル GaN 層17の構成に関係なく適用可能である。

7

【0027】次に、図3に示すように、第2のエピタキシャルGa_{0.4}N層17を貫通して延び、マスク14を露出するトレンチ(溝又は凹部)20が形成される。このトレンチ20は、第1のエピタキシャルGa_{0.4}N層12の厚さ方向の一部にまで延びていてもよい。トレンチ20は、後にマスク14を除去する際にエッチング剤(後に詳細に説明する)を露出するための溝を形成する。トレンチ形成工程においては、第2のエピタキシャルGa_{0.4}N層17のうち、第1のエピタキシャルGa_{0.4}N層12の表面(機械的に接触)している部分を除去し、マスク14を介して第1のエピタキシャルGa_{0.4}N層12に繋がっている第2のエピタキシャルGa_{0.4}N層17の一部分だけを残すようにすることが必要である。

【0028】トレンチ20は、図3に示すように、マスク14を露出するトレンチ20の両側面を形成するGa_{0.4}N層17が形成された部分に形成される。トレンチ20は、また、エッチング剤の露れを促進するために、第1のエピタキシャルGa_{0.4}N層12をも貫通してサブレイア基板11まで達するよう形成してもよい。

【0029】図4に示すように、第2のエピタキシャルGa_{0.4}N層17の露出面上に、第2の基板18が取り付けられる。本実施形態においては、第2の基板18は、当業者に既知されているウェーハボンディング法によって、第2のエピタキシャルGa_{0.4}N層17にボンディング(結合)される。本実施形態においては、第2の基板18は、珪素(Si)から成る導電性基板であり、これは熱間特性が良好であるために選択されたものである。この第2の基板18には、2つの機能がある。第1の、そして最も重要な機能は、第2の基板18が第1の基板11から分離されるエピタキシャル層に機械的な支持を提供するという機能である。そして、第2の機能は、第2の基板18が第2のエピタキシャルGa_{0.4}N層17の上面と良好な電気接触を形成することができるといった電気特性を有しているという機能である。

【0030】本発明によれば、例えば、エッチング剤がトレンチ20に導入される。エッチング剤は、第2のエピタキシャルGa_{0.4}N層17、第1のエピタキシャルGa_{0.4}N層12、又は第2の基板18よりも大幅に速い速度でマスク14の材料をエッチングするものである。第2のエピタキシャル層17がGa_{0.4}Nであり、マスク14が二酸化珪素(SiO₂)である一実施形態においては、エッチング剤は、弗化水素酸(HF)である。HFは、マスク14に化学的破壊作用を及ぼし、第1のエピタキシャルGa_{0.4}N層12、第2のエピタキシャルGa_{0.4}N層17、又は第2の基板18をエッチングするよりも速い速度でマスク14をエッチングする。

【0031】図5は、第2の基板18及び第2のエピタキシャルGa_{0.4}N層17を含むエピタキシャル集合体10の一部を示したものである。この集合体10は、第2の

8

基板18が集合体10の底部となるように垂直にひっくり返した状態で示されている。マスク14をエッチングにより除去すると、第2のエピタキシャルGa_{0.4}N層17がサブレイア基板11及び第1のエピタキシャルGa_{0.4}N層12からきよめにかつ効率的に分離される。

【0032】図5は、また、図3に示したトレンチ形成工程で形成された第2のエピタキシャルGa_{0.4}N層17の創面の断面(トレンチ間のトレンチ20がボンド材料19で埋められている状態を示している。ボンド材料19は、後に詳細に説明する工程の間に、第2のエピタキシャルGa_{0.4}N層17を構成する様々な材料の層の端部を保護する。なお、これらの端部は、エッチングによりトレンチ20が形成される際に露出した部分である。

図5に露出された材料(図5)は、例えば、Ga_{0.4}N層17、第1のエピタキシャルGa_{0.4}N層12、及びサブレイア基板11、及び第2の基板18を含む。図5において示される断面材料は、層間に電気接触を形成するためのものである。第2のエピタキシャルGa_{0.4}N層17は、SiO₂マスク14をエッチングすることによりサブレイア基板11から分離されているため、従来の分離技術を利用した場合のより、最終的にデバイス構造を成す層がその構造に分解や損傷の原因となり得る高温にさらされることはない。従って、第2のエピタキシャルGa_{0.4}N層17は、良好な電気特性を持つ半導体材料を含み、高品質の電気接触がデバイスとして利用することができ、例えば、この結果得られたエピタキシャル集合体10の良好な熱間及び電気特性を利用して、エミッタ放出レーザを製作することができ、

【0033】図6は、図5のエピタキシャル集合体10の平面図である。第2のエピタキシャルGa_{0.4}N層17は、第2の基板18にボンディングされた。典型的には、マスク16として形成されている。図6に示すように上から見ると、きれいな面を得るためにGa_{0.4}N層17をマスク16を露出するには、マスク又は切り込みをマスク25を介して第2の基板18に入ればよいことがわかる。第2の基板18及び第2のエピタキシャルGa_{0.4}N層17をこのライン25に沿って切断すれば、露出した第2のエピタキシャルGa_{0.4}N層17中にきれいな面が作られる。更に、導電性の第2の基板18によって第2のエピタキシャルGa_{0.4}N層17中の全ての層への電流分布が改善されるが、これは、電流が導電性の第2の基板18から第2のエピタキシャルGa_{0.4}N層17中に構成されたデバイス構造に直接的に流れるためである。

【0034】図7～図11は、エピタキシャル層を1つの基板から分離して他の基板に移し替えるための本発明による方法の他の実施形態を説明するものである。図7～図11に示した実施形態においては、第1のエピタキシャル層12上に成長させる第2のエピタキシャル層37は、第1のエピタキシャル層12と同じ材料を使ったものである。しかしながら、第2のエピタキシャル層3

7中の転位密度を低減するために、第2のエピタキシャル層37をトレンチ15の一面から成長させるようにしている。なお、第1のエピタキシャル層12上に成長される第2のエピタキシャル層37は、第1のエピタキシャル層12とは異なる材料としても良い。

【0035】図7～図11において、図1～図5と同様の構成要素には同一の符号が付けられている。図7は、エピタキシャル集合体30を示している。このエピタキシャル集合体30は、サブリミット基板11と、このサブリミット基板11上に成長させた第1のエピタキシャルGaN層12を含んでいる。第1のエピタキシャルGaN層12を成長させた後に、そこに好適にはエッチングにより第1のトレンチ15が形成される。第1のトレンチ15は、好適には、エッチングにより形成されたトレンチ15の側壁21a又は21bにマスク14が形成される。

【0036】図7においてはトレンチ15の側壁21a及び21bを基板11の主面26に対して垂直に描いたが、これに代えて、傾斜をつけた側壁としても良い。第1のエピタキシャル層12の上面、トレンチ15の底面13及び適意的な溝掘によりトレンチ15の一方の側壁21a又は21b上にマスク14がそれぞれ設けられる。マスク14の存在により、エピタキシャル成長は、第1のエピタキシャルGaN層12の表面のうちマスク14にて覆われていない結晶面上に優先的に生じることになる。本実施形態では、マスク14は、第1のエピタキシャルGaN層12の上面及びトレンチ15の底面13の両方に設けられる。なお、マスク14は、トレンチ15の一方の側壁21a又は21bにも設けられても良い。

【0037】マスク14の存在により、第2のエピタキシャル層37は、側壁21a及び21bから横向き方向に沿って成長することになる。このようにすれば、第2のエピタキシャル層37の成長方向を従来の成長方向に対して90度、或はほぼ90度転換させることができ、これによって、より低い転位密度を持つエピタキシャル層が得られる。第2のエピタキシャル層37は、第1のエピタキシャルGaN層12の露出面から優先的に成長する。

【0038】その後、第2のエピタキシャルGaN層37は、図8に示すように第1のエピタキシャルGaN層12上に成長する。本願に参考資料として添付した、共通譲渡され、同時係属出中の米国特許出願番号：XXXの「クラックのない領域を有するエピタキシャル材料及びそれを製造する方法」(Epitaxial Material Having a Crack-Free Region and Method For Producing Same)と題された米国特許出願(出願日：XXX、事件整理番号：10990377)に開示の発明によれば、第2のエピタキシャルGaN層37は、マスク14の配置に依存して第1のトレンチ15の側壁21a及び21bの何れか一方、或は両方から横向きに成長する。本実施

形態においては、第2のエピタキシャルGaN層37は第1のエピタキシャルGaN層12と同じ材料から成り、従って上述した米国特許出願に開示されているトレンチ15における横肉長は有利である。

【0039】また、第2のエピタキシャル層37を第1のエピタキシャルGaN層12とは異なる材料としても良く、この場合の横肉向成長は、格子整合歪みによるストレスをトレンチ15の領域内に発生させる作用を提供する。ストレスがトレンチ15の側壁に発生するため、結果的には、トレンチ15の側壁に生じた第2のエピタキシャル層37にはクラックが生じない。

【0040】第2のエピタキシャルGaN層37を成長させる場合、第2のエピタキシャルGaN層37は、マスク14の側壁21aを越え、最終的にマスク14の上まで成長する。この場合、第2のエピタキシャルGaN層37の成長をトレンチ15の側壁21a及び21bのうちの一方の側壁(例えば、側壁21a)から開始させるようにしても良く、この場合、異なるマスク14が前記一方の側壁とは反対側のトレンチ15の側壁(例えば、側壁21b)にも設けられる。

【0041】ここでは第2のエピタキシャルGaN層37を単層のGaN材料として示しているが、第2のエピタキシャルGaN層37は、実際には、ドーピングされた半導体層、クラッド層及び活性層等から成る追加のエピタキシャル層を含んでいても良い。これらの追加のエピタキシャル層は、通常の半導体レーザ等の半導体発光デバイスを作る場合に形成される。第2のエピタキシャルGaN層37が、製作しようとするデバイスに必要とされるだけの数回多くの追加層を含むものであっても良いことは言うまでもない。しかしながら、本発明の概念は、第2のエピタキシャルGaN層37の構成に拘わりなく適用することができる。

【0042】次に、図9に示すように、第2のエピタキシャルGaN層37を露出して再びマスク14を露出する第2のトレンチ20が形成される。第2のトレンチ20は、第2のエピタキシャルGaN層37の第1のトレンチ15中に成長させた部分に達していても良い。第2のトレンチ20は、マスク14を除去するために上述した如く後にエッチング割を施すための溝を形成する。トレンチ形成工程においては、第2のエピタキシャルGaN層37の一部であって、マスク14を介して第1のエピタキシャルGaN層12に繋がっている部分のみを残すために、第2のエピタキシャルGaN層37を十分に除去しなければならない。

【0043】第2のトレンチ20は、例えば第2のエピタキシャルGaN層37を少なくとも図9に示すように第2のエピタキシャルGaN層37の露出面により近い方のマスク14部分のレベルにまでエッチングして形成したものであるが、これに限定されるものではない。ト

【0049】従って、第2のエピタキシャルGaN層37は、良好な物理特性を有する半導体材料を含み、高品質な電圧・電流パルス出力を向上して利用することができる。この電圧増幅率、電流増幅率、電圧増幅率 β は、良好な増幅率の電圧増幅率を有して、電圧増幅率 β に有利な電圧増幅率を製作することができる。

【0051】更に、導電性の第2の基板18により第2のエレクトロキミカルGaN層37中の全ての層への電流分布が改善される。これは電流が導電性の第2の基板18から第2のエレクトロキミカルGaN層37中に作られた電極構造へ直接的に流れ込むためである。

【0053】活性層55の上には、n型のクラッド層56が設けられるが、これはクラッド層54と同様の構造及び機能を持っている。クラッド層54及び56は、エッジ放出レーザ素子50内において、キャリアの閉じ込めや光の光学的閉じ込めを行う。クラッド層56上には、n型層57が成膜される。そして、n型層57の上

【0054】本発明によれば、第2のエピタキシャルGaN層37を構成する全ての層は、第2のエピタキシャルGaN層37が第1のエピタキシャルGaN層12から分離される前に形成される。

10

20

30

40

10

30

50

に適用され、第2のエピタキシャル層17、37が第1のエピタキシャル層12及びマスク14の上に成長せしめられる。トレンチ20が第2のエピタキシャル層17、37に形成され、第2の基板18が第2のエピタキシャル層17、37にポリバインディング（結合）される。このバインディングがトレンチ20を通して導入されてマスク14がエッチング除去され、これにより第2のエピタキシャル層17、37が第1の基板11及び第1のエピタキシャル層12から分離される。このとき、第2のエピタキシャル層17、37は、エピタキシャル材料の物理的・化学的性質を損なうような操作を行なうことなく、第1の基板11から分離されて第2の基板12に移し替えられる。

【0062】本発明の上記した実施形態には、本発明の範囲が限定されるものではない。本発明の範囲は、特許請求の範囲に記載された技術的特徴の範囲内に、当業者が容易に想到し得る変形例、改良例、その他の高品質な要素に利用することができる。このような変更及び改良の全ては、添付請求項に定義した本発明の範囲に含まれるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 エピタキシャル層を1つの基板から分離して他の基板に移し替えるための本発明の方法の第1実施形態を示す断面図である。

【図2】 図1のエピタキシャル集合体の上に第2のエピタキシャルGaN層を形成した状態を示す断面図である。

【図3】 図2のエピタキシャル集合体にトレンチを形成した状態を示す断面図である。

【図4】 図3のエピタキシャル集合体に第2の基板を取付けた状態を示す断面図である。

【図5】 図4のエピタキシャル集合体から分離した集合体を示す断面図である。

【図6】 図5に示すエピタキシャル集合体の平面図である。

【図7】 エピタキシャル層を1つの基板から分離して他の基板に移し替えるための本発明の方法の第2実施形態

を説明するためのものであって、エピタキシャル集合体の断面図である。

【図8】 図7のエピタキシャル集合体の上に第2のエピタキシャルGaN層を形成した状態を示す断面図である。

【図9】 図8のエピタキシャル集合体に第2のトレンチを形成した状態を示す断面図である。

【図10】 図9のエピタキシャル集合体に第2の基板を取付けた状態を示す断面図である。

【図11】 図10のエピタキシャル集合体から分離した集合体を示す断面図である。

【図12】 図11に示すエピタキシャル集合体の平面図である。

【図13】 図11に示す集合体を用いて製造した垂直空洞面放出レーザ（VCSEL）の断面図である。

【図14】 図13に示す垂直空洞面放出レーザ（VCSEL）の断面図である。図11に示す集合体は、図14に示す垂直空洞面放出レーザ（VCSEL）の断面図である。

【図15】 図14のエピタキシャル集合体に第2の基板を取付けた状態を示す断面図である。

【図16】 図15のエピタキシャル集合体から分離した集合体を示す断面図である。

【図17】 図14～図16に示す製造方法を用いて製造した垂直空洞面放出レーザ（VCSEL）の断面図である。

【符号の説明】

10、30、100 エピタキシャル集合体

11 第1の基板

12 第1のエピタキシャル層

14 マスク

15、20、70 トレンチ

17、37 第2のエピタキシャル層

18 第2の基板

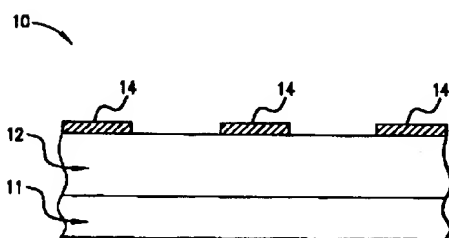
19 ポリバインド材料

50 エッジ放出レーザ

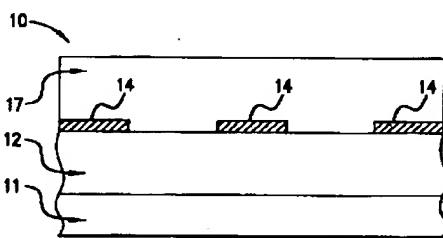
75、80 分布型ブラッグリフレクタ（DBR）

150 垂直空洞面放出レーザ（VCSEL）

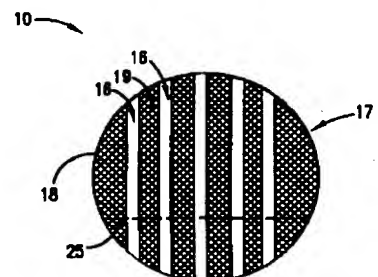
【図1】



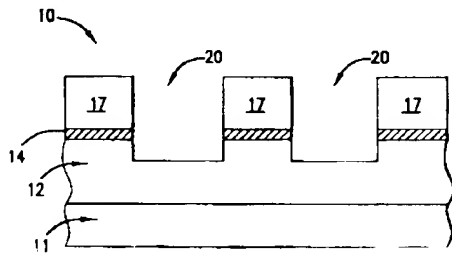
【図2】



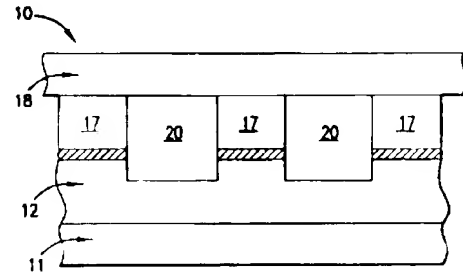
【図6】



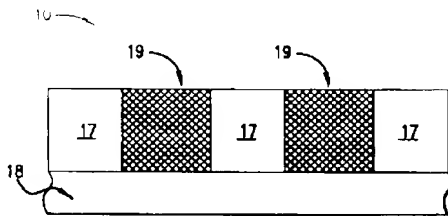
【図 3】



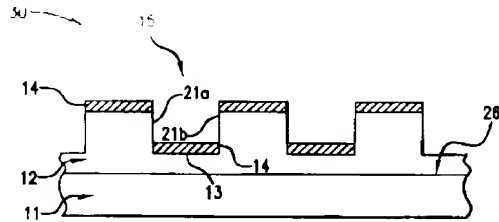
【図 4】



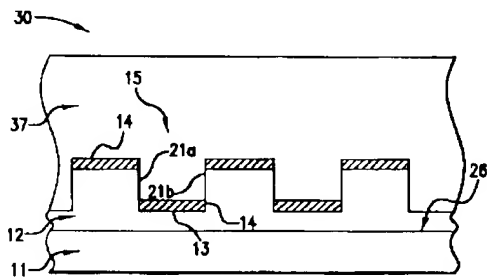
【図 5】



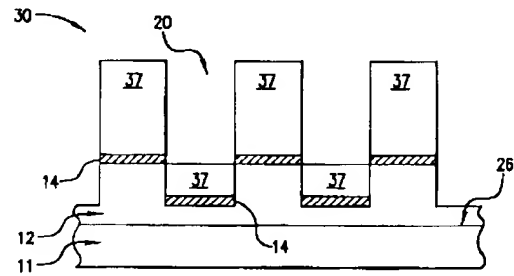
【図 7】



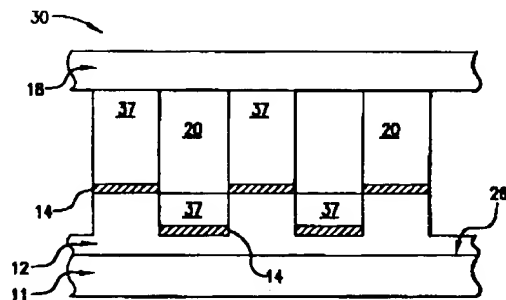
【図 8】



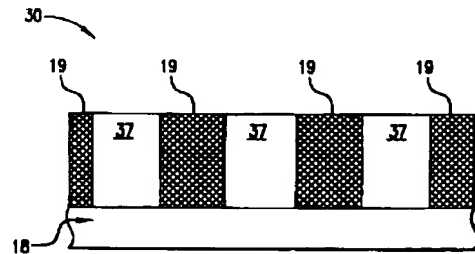
【図 9】



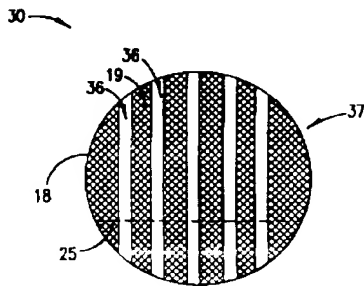
【図 10】



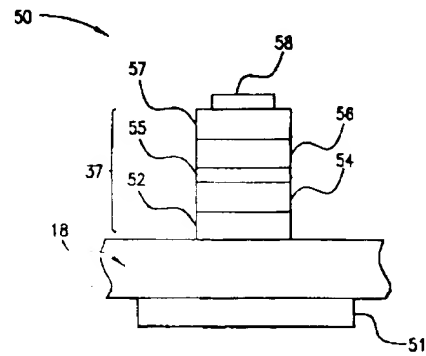
【図 11】



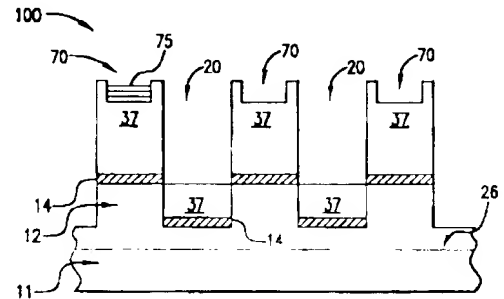
【図 12】



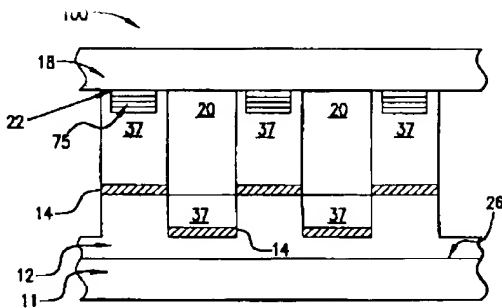
【図 13】



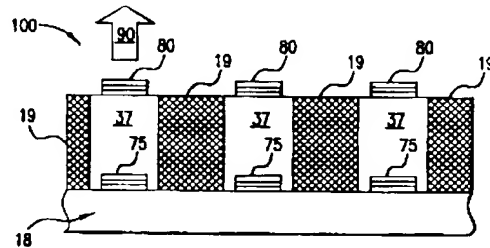
【図 14】



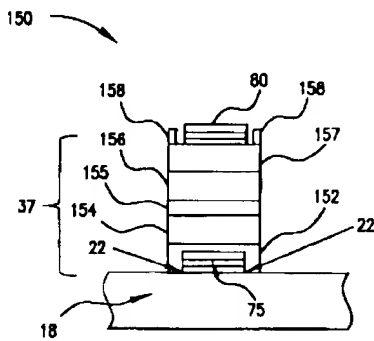
【図 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

(71) 出願人 399117121
395 Page Mill Road P
alo Alto, California
U. S. A.

(72) 発明者 シー・ユアン・ワング
アメリカ合衆国カリフォルニア州94306,
パロ・アルト